

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2021.01.016

周杨, 方馨妍, 汪燕, 等. 测土配方施肥对菊花苗期生长发育、土壤性质及养分吸收的影响. 土壤, 2021, 53(1): 118–124.

测土配方施肥对菊花苗期生长发育、土壤性质及养分吸收的影响^①

周 杨, 方馨妍, 汪 燕, 管志勇, 陈素梅, 房伟民, 陈发棣, 赵 爽*

(南京农业大学园艺学院 / 农业农村部景观设计重点实验室, 南京 210095)

摘 要: 在测土配方施肥条件下研究切花菊苗期养分吸收转运规律, 为切花菊‘南农黄蜂窝’提供苗期的最佳施肥方案。氮、磷、钾设置 3 个因素, 氮为 0、30、60、90 kg/hm²; 磷为 0、24、48、72 kg/hm²; 钾为 0、36、72、108 kg/hm²; 按照“3414”方案, 设计 14 个处理, 测定不同施肥处理下切花菊生长指标、土壤理化性质、切花菊氮磷钾养分含量。结果显示: 氮、磷、钾肥的施入能显著改善切花菊的农艺性状包括株高、茎粗、地下部鲜干重、茎鲜干重、叶鲜干重, 其中, N₂P₂K₁ 处理(氮、磷、钾分别为 60、48、36 kg/hm²)长势最佳, 在 45 d 时, 其株高、茎粗、地下部鲜重、茎鲜重、叶鲜重、地下部干重、茎干重、叶干重分别为对照的 1.30 倍、1.09 倍、2.20 倍、1.90 倍、1.88 倍、1.87 倍、1.47 倍、1.80 倍; 不同施肥处理对土壤的理化性质影响显著, 其中施肥处理的土壤 pH, 表现为整体下降趋势, 土壤中的速效成分包括铵态氮、有效磷、速效钾含量分别与氮、磷、钾肥施入量呈显著正相关关系, N₂P₂K₁ 处理土壤中的速效成分包括铵态氮、有效磷、速效钾含量分别是对照的 1.15 倍、1.40 倍、1.06 倍; 氮、磷、钾肥的施入影响植株养分含量, 施肥处理比对照处理的植株全氮、全磷、全钾含量均显著增加, N₂P₂K₁ 处理植株全氮、全磷、全钾含量为 25.13、4.50、55.54 g/kg, 分别是对照的 1.37 倍、1.12 倍、1.26 倍。综合考虑测土情况及切花菊苗期各项生长指标, 推荐切花菊‘南农黄蜂窝’苗期的施肥方案为氮(N) 60 kg/hm²、磷(P₂O₅) 48 kg/hm²、钾(K₂O) 36 kg/hm²。

关键词: 切花菊; 测土配方施肥; 氮、磷、钾; 养分吸收; 土壤性质

中图分类号: S682.1 **文献标志码:** A

Effects of Soil Testing and Formula Fertilization on Growth, Soil Properties and Nutrient Absorption of Chrysanthemum in Seedling Stage

ZHOU Yang, FANG Xinyan, WANG Yan, GUAN Zhiyong, CHEN Sumei, FANG Weimin, CHEN Fadi, ZHAO Shuang*

(College of Horticulture, Nanjing Agricultural University/Key Laboratory of Landscaping, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanjing 210095, China)

Abstract: In this study, nutrient absorption and transportation of cut chrysanthemum ‘Nannong Huangfengwo’ in the seedling stage were studied under the condition of soil testing and formula fertilization, and the optimized fertilization scheme was concluded. There were 14 treatments in total according to the “3414” design, the designed N, P and K applied levels included: N, 0 (N₀, CK), 30 (N₁), 60 (N₂) and 90 (N₃) kg/hm²; P, 0 (P₀, CK), 24 (P₁), 48 (P₂) and 72 (P₃) kg/hm²; K, 0 (K₁, CK), 36 (K₁), 72 (K₂) and 108 (K₃) kg/hm². The results indicated that the application of N, P and K fertilizers could significantly improve the agronomic characters of cut chrysanthemum ‘Nannong Huangfengwo’. The results showed that, among all treatments, N₂P₂K₁ had the highest growth benefit, offer 45 d of growth, the index of plant height, stem diameter, root fresh weight, stem and leaf fresh weight, root dry weight, stem and leaf dry weight were 1.30, 1.09, 2.20, 1.90, 1.88, 1.87, 1.47 and 1.80 folds of the CK, respectively. Different fertilizer treatments showed the significant effects on soil physiochemical properties, soil pH decreased with the increased N, P and K fertilizers, and the contents of soil available N, P and K were positively correlated with the increased amount of N, P and K fertilizers. In N₂P₂K₁, the contents of soil available N, P and K were 1.15, 1.40 and 1.06 folds of the CK. Total nitrogen, phosphorus and potassium contents in cut chrysanthemum under N₂P₂K₁ treatment were 25.13, 4.50 and

①基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(18)2020)、江苏省重点研发计划(现代农业)面上项目(BE2019384)、中央高校基本科研业务费(Y0201900749)、江苏省科研院校农技推广服务试点项目(TG(17)002)和江苏省优势学科建设工程项目资助。

* 通讯作者(zhaoshuang@njau.edu.cn)

作者简介: 周杨(1995—), 女, 江苏无锡人, 硕士研究生, 主要研究方向为菊花的高效栽培。E-mail: 1421105271@qq.com

55.54 g/kg, respectively, which were 1.37, 1.12 and 1.26 folds of the CK. In conclusion, by comprehensively considering soil condition and the growth of cut chrysanthemum at the seedling stage, the best and recommended fertilization scheme for cut chrysanthemum ‘Nannong Huangfengwo’ is N 60 kg/hm², P₂O₅ 48 kg/hm² and K₂O 36 kg/hm².

Key words: Cut chrysanthemum; Soil testing and formula fertilization; N, P, K; Nutrient absorption; Soil properties

菊花(*Chrysanthemum morifolium* Ramat.)原产于我国,是中国十大名花和世界四大切花之一,具有较高的观赏价值和经济价值,其生育阶段离不开适量、适时的氮磷钾肥的施用^[1],但在实际生产中,肥料的随意施用现象十分普遍。肥料的随意施用不仅带来土壤、水资源污染^[2]和肥料资源的浪费,而且易导致菊花抗性下降,直接影响切花菊的产量和品质^[3],给从事切花菊生产的企业和农民带来极大的经济损失。

测土配方施肥是一种因地制宜、按需供肥的高效施肥方案。研究证明,测土配方施肥可有效提高作物产量^[4]、经济效益以及减少肥料用量^[5],该技术已在水稻^[6-7]、小麦^[8-9]、玉米^[10]等经济作物上进行大量研究并取得实质性进展。张新华和王少华^[11]研究发现,配方施肥能提高水稻氮、磷、钾的肥料利用率,与常规施肥相比,水稻氮、磷、钾肥利用率分别提高 3.52、0.95、2.34 个百分点。李宝珍等^[12]在甘蓝型黄籽油菜施肥研究中发现,施 N 163.7 ~ 179.2 kg/hm²、P₂O₅ 85.0 ~ 95.0 kg/hm²、K₂O 100.7 ~ 124.3 kg/hm²、B 6.7 ~ 8.3 kg/hm²,可使黄籽油菜产油量达到 1 000 kg/hm²。刘献宇^[13]的研究中表明,测土配方施肥与常规施肥相比,实际施肥量减少,而肥料利用率和农学效率均相应提高,尤以氮肥、钾肥较明显。郑淑清等^[14]的研究中发现,应用测土配方施肥能够在一定程度上提高玉米对 N、P、K 元素的吸收量。邓奇英等^[15]有关油菜的测土配方施肥研究中,发现科学的施肥方案可显著提高油菜产量,比不施肥处理的油菜植株,实现了 85.25% 的增产。冯长城^[16]有关玉米配方施肥的研究中发现,玉米配方施肥区比常规施肥区增产节支 216 元/hm²,氮肥、磷肥、钾肥利用率分别提高了 1.2、0.6、0.1 个百分点,大幅度提高经济效益。在朱淑惠^[17]有关甘蔗的测土配方施肥研究中,发现采用测土配方技术进行甘蔗种植,最终的产量平均比传统种植方法要高 1 860 ~ 2 370 kg/hm²。

近年来,测土配方施肥技术多数集中在三大经济作物、蔬菜作物上,而在花卉领域还未有系统、完整的研究。有关菊花各生育期的需肥规律,化肥使用对土壤养分含量的影响及菊花各时期精准、科学的施肥方案也鲜有报道。本文通过切花菊‘南农黄蜂窝’测土配方施肥“3414”试验,在前期进行土壤理化性质

调查的基础上,研究不同施肥处理对切花菊苗期生长、土壤理化性质及植株养分含量的影响,为菊花的高效栽培提供较为精准、合理的施肥方案,并为菊花全生育期设施栽培的养分管理奠定理论和先期基础。

1 材料与方法

1.1 试验概况

试验于 2019 年 4 月在江苏省南京市湖熟南京农业大学花卉基地进行。供试材料为切花菊‘南农黄蜂窝’扦插苗。试验地土壤肥力为:土壤 NH₄⁺-N 44.33 mg/kg、有效磷 36.31 mg/kg、速效钾 324.24 mg/kg、pH 6.40。试验用肥选取尿素(含 N 量 46%)、过磷酸钙(P₂O₅ 18%)、硫酸钾(K₂O 50%)。2019 年 4 月 2 日扦插育苗,生根后于 2019 年 4 月 20 日选取生长健壮、长势一致的扦插苗定植于设施大田中,进行常规栽培管理。

1.2 试验设计

试验采用农业部推荐的“325”肥料试验,即“3414”完全试验方案:3 个因素,4 个梯度,共计 14 个处理;其中 0 水平不施氮、磷、钾肥,1 水平 = 2 水平 × 0.5 为减量施肥水平;2 水平指本地常规施肥量;3 水平 = 2 水平 × 1.5 为过量施肥水平,不同

表 1 试验各处理及施肥量			
Table 1 Designed treatments and fertilizer applied amounts			
处理	N (kg/hm ²)	P ₂ O ₅ (kg/hm ²)	K ₂ O (kg/hm ²)
N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0
N ₀ P ₂ K ₂	0	48	72
N ₁ P ₂ K ₂	30	48	72
N ₂ P ₀ K ₂	60	0	72
N ₂ P ₁ K ₂	60	24	72
N ₂ P ₂ K ₂	60	48	72
N ₂ P ₃ K ₂	60	72	72
N ₂ P ₂ K ₀	60	48	0
N ₂ P ₂ K ₁	60	48	36
N ₂ P ₂ K ₃	60	48	108
N ₃ P ₂ K ₂	90	48	72
N ₁ P ₁ K ₂	30	24	72
N ₁ P ₂ K ₁	30	48	36
N ₂ P ₁ K ₁	60	24	36

处理施肥量见表 1。每个处理 30 株,重复 3 次。每个处理种在长 1.6 m、宽 1.1 m 的小区中,株间距 12 cm。切花菊定植后的第 10 天开始第一次施肥处理,每 10 d 进行 1 次施肥处理,共 4 次。

1.3 试验方法

1.3.1 植株形态指标的测定 定植后第 15、30、45 天时,在田间进行破坏性取样,各处理随机选取 9 株长势一致的植株,用卷尺测定株高(精确到 0.01 cm)。样品经蒸馏水洗净擦干后,用游标卡尺测定茎粗(精确到 0.01 mm);用电子天平测定地下部、茎、叶鲜重(精确到 0.01 g);样品于 105 °C 杀青 30 min 后,在 75 °C 烘至恒重,测定地下部、茎、叶干重(精确到 0.01 g)。

1.3.2 土壤样品的采集及测定 定植后第 45 天时,按照 S 形路线,每个处理选 6 个点,采样深度为 0~30 cm,将采集的土样混匀后用“四分法”取足量带回实验室风干,后进行去杂、磨碎、过筛,用于测定土壤理化性质。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 用 KCl 浸提-靛酚蓝比色法测定;有效磷用 NaHCO_3 提取-钼锑抗显色-分光光度法测定;速效钾用 NH_4Ac 浸提-火焰光度吸收法测定;pH 采用酸度计法测定。

1.3.3 植株样品养分含量测定 定植后第 45 天时,在试供小区内各处理随机选取 9 株长势一致的植株。将样品洗净、烘干、称量,磨碎后进行消煮,取消煮液测定植株样品中的全氮、全磷、全钾含量。植株全氮和全磷使用 AA3 型连续流动分析仪测定,植株全钾使用质子分析光谱法测定。

1.4 数据处理

采用 Excel 2013 软件进行数据统计整理,采用 SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析和差异显著性检验(Ducann 法, $P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对切花菊生长的影响

由表 2 可知,不同施肥处理的切花菊其各农艺性状差异性显著($P<0.05$),且显著优于不施肥处理。定植 15 d 时,不施肥处理、本地常规施肥处理和苗期长势最佳处理即 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理切花菊的株高分别为 8.55、11.34 和 11.91 cm, $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 和 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理株高分别是 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 处理的 1.33 倍和 1.39 倍。定植 30 d 时, $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理切花菊的株高分别为 23.62、27.33、30.73 cm, $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 和 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理株高分别是 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 处理的 1.16 倍和 1.30 倍。定植 45 d 时, $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处

理切花菊的株高分别为 43.50、49.66、56.38 cm, $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 和 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理株高分别是 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 处理的 1.14 倍和 1.30 倍。

定植 15 d 时, $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理切花菊的茎粗分别为 2.89、3.51、3.60 mm, $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 和 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理茎粗分别是 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 处理的 1.21 倍和 1.24 倍。定植 30 d 时, $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理切花菊的茎粗分别为 3.54、3.83、3.74 mm, $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 和 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理茎粗分别是 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 处理的 1.08 倍和 1.06 倍。定植 45 d 时, $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理切花菊的茎粗分别为 4.29、4.75、4.69 mm, $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 和 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理茎粗分别是 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 处理的 1.11 倍和 1.09 倍。

定植 15 d 时, $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理切花菊的叶鲜重分别为 1.72、2.62、2.97 g, $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 和 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理叶鲜重分别是 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 处理的 1.52 倍和 1.68 倍。定植 30 d 时, $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 切花菊的叶鲜重分别为 7.80、8.97、9.19 g, $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 和 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理叶鲜重分别是 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 处理的 1.15 倍、1.18 倍。定植 45 d 时, $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 切花菊的叶鲜重分别为 9.70、16.68、18.23 g, $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 和 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理叶鲜重分别是 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 处理的 1.72 倍、1.88 倍。

定植 15 d 时, $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理切花菊的叶干重分别为 0.19、0.25、0.31 g, $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 和 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理叶干重分别是 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 处理的 1.32 倍、1.63 倍。定植 30 d 时, $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 切花菊的叶干重分别为 0.59、0.69、0.72 g, $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 和 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理叶干重分别是 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 处理的 1.17 倍、1.22 倍。定植 45 d 时, $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理切花菊的叶干重分别为 0.96、1.47、1.73 g, $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 和 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理叶干重分别是 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 处理的 1.53 倍、1.80 倍。植株的地下部鲜干重和茎鲜干重与叶鲜干重变化趋势一致。由此可知,氮、磷、钾的施入能明显改善切花菊的农艺性状。根据整个苗期的数据分析, $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 处理切花菊长势最佳,表现为定植后 45 d 时株高、地下部鲜干重、茎鲜干重、叶干重均高于其他处理。

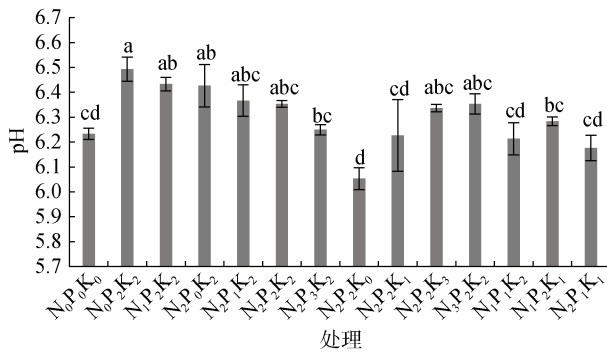
2.2 不同施肥处理对土壤理化性质的影响

2.2.1 不同施肥处理对土壤 pH 的影响 图 1 数据显示,各处理间土壤 pH 差异显著($P<0.05$),但变化幅度较小,所有处理 pH 维持在 6.05~6.49。土壤初始 pH 为 6.40,经过施肥处理后土壤 pH 有整体下降的趋势,推测长期使用化肥可能造成土壤酸化。

表 2 不同施肥处理对切花菊‘南农黄蜂窝’苗期生长的影响
Table 2 Effects of different fertilization treatments on growth of cut chrysanthemum ‘Nannong Huangfengwo’

生长时间(d)	处理	株高 (cm)	茎粗 (mm)	地下部鲜重 (g)	茎鲜重 (g)	叶鲜重 (g)	地下部干重 (g)	茎干重 (g)	叶干重 (g)
15	N ₀ P ₀ K ₀	8.55 ± 0.73 j	2.89 ± 0.39 f	0.79 ± 0.31 bc	0.70 ± 0.22 e	1.72 ± 0.39 e	0.08 ± 0.03 bc	0.12 ± 0.03 f	0.19 ± 0.03 f
	N ₀ P ₂ K ₂	9.94 ± 0.74 i	3.13 ± 0.26 def	0.70 ± 0.23 c	0.77 ± 0.26 e	1.89 ± 0.38 de	0.08 ± 0.02 bc	0.13 ± 0.04 def	0.21 ± 0.06 ef
	N ₁ P ₂ K ₂	10.61 ± 0.80 hi	3.89 ± 0.58 ab	0.75 ± 0.75 bc	0.97 ± 0.22 cde	2.23 ± 0.57 cde	0.07 ± 0.03 c	0.15 ± 0.04b cdef	0.23 ± 0.06 ef
	N ₂ P ₀ K ₂	10.70 ± 0.94 ghi	3.66 ± 0.28 bc	0.89 ± 0.22 bc	0.96 ± 0.21 cde	2.24 ± 0.60 bcd	0.09 ± 0.03 abc	0.16 ± 0.02 abcde	0.25 ± 0.07 cde
	N ₂ P ₁ K ₂	11.68 ± 0.90 cdef	4.15 ± 0.72 a	1.12 ± 0.20 a	1.20 ± 0.33 abcd	3.04 ± 0.62 ab	0.11 ± 0.03 a	0.18 ± 0.05 ab	0.32 ± 0.07 a
	N ₂ P ₂ K ₂	11.34 ± 1.46 efgh	3.51 ± 0.27 bcd	0.95 ± 0.18 ab	1.10 ± 0.36 bcd	2.62 ± 0.68 abc	0.08 ± 0.03 c	0.14 ± 0.04 cdef	0.25 ± 0.05 bcde
	N ₂ P ₃ K ₂	12.54 ± 0.89 bc	3.39 ± 0.30 cde	0.97 ± 0.25 ab	1.28 ± 0.26 abc	3.19 ± 0.73 a	0.08 ± 0.03 bc	0.18 ± 0.03 a	0.32 ± 0.08 a
	N ₂ P ₂ K ₀	11.00 ± 0.41 fgh	3.02 ± 0.38 ef	0.79 ± 0.22 bc	1.00 ± 0.18 cde	2.50 ± 0.49 bcd	0.08 ± 0.02 bc	0.15 ± 0.02 bcdef	0.24 ± 0.04 def
	N ₂ P ₂ K ₁	11.91 ± 0.41 cde	3.60 ± 0.45 bc	0.88 ± 0.17 bc	1.27 ± 0.20 abc	2.97 ± 0.52 ab	0.08 ± 0.03 bc	0.18 ± 0.02 ab	0.31 ± 0.04 ab
	N ₂ P ₂ K ₃	13.29 ± 1.11 b	2.93 ± 0.46 f	0.85 ± 0.09 bc	1.40 ± 0.46 ab	2.90 ± 0.52 ab	0.08 ± 0.02 bc	0.18 ± 0.04 ab	0.29 ± 0.05 abcd
	N ₃ P ₂ K ₂	14.28 ± 0.88 a	2.96 ± 0.53 ef	0.83 ± 0.20 bc	1.50 ± 0.48 a	3.26 ± 0.74 a	0.08 ± 0.02 c	0.17 ± 0.04 abc	0.30 ± 0.05 abc
	N ₁ P ₁ K ₂	11.40 ± 0.67 efgh	2.89 ± 0.43 f	0.94 ± 0.27 ab	0.93 ± 0.15 de	2.54 ± 0.65 bc	0.09 ± 0.04 abc	0.13 ± 0.01 ef	0.25 ± 0.05 bcde
	N ₁ P ₂ K ₁	11.53 ± 0.84 defg	3.69 ± 0.51 bc	0.74 ± 0.12 bc	1.10 ± 0.29 bcd	2.39 ± 0.58 bcd	0.07 ± 0.02 c	0.15 ± 0.03 bcdef	0.23 ± 0.04 ef
	N ₂ P ₁ K ₁	12.26 ± 0.48 cd	3.64 ± 0.32 bc	0.85 ± 0.20 bc	1.33 ± 0.37 ab	3.17 ± 0.79 a	0.11 ± 0.02 ab	0.16 ± 0.02 abcd	0.31 ± 0.05 ab
30	N ₀ P ₀ K ₀	23.62 ± 1.25 g	3.54 ± 0.31 cd	0.99 ± 0.42 cd	3.23 ± 0.83 de	7.80 ± 1.81 de	0.14 ± 0.06 ab	0.39 ± 0.11 ef	0.59 ± 0.12 de
	N ₀ P ₂ K ₂	25.54 ± 1.41 efg	3.59 ± 0.21 cd	1.17 ± 0.25 abc	3.24 ± 0.46 de	7.16 ± 1.04 de	0.13 ± 0.04 ab	0.41 ± 0.07 ef	0.64 ± 0.17 cd
	N ₁ P ₂ K ₂	26.91 ± 2.76 de	3.54 ± 0.23 cd	1.09 ± 0.23 abcd	3.25 ± 0.45 de	7.07 ± 0.55 de	0.13 ± 0.02 ab	0.41 ± 0.06 ef	0.58 ± 0.06 de
	N ₂ P ₀ K ₂	24.51 ± 0.77 fg	3.36 ± 0.20 cd	1.11 ± 0.18 abc	2.94 ± 0.69 de	7.15 ± 1.22 de	0.13 ± 0.03 ab	0.39 ± 0.04 ef	0.62 ± 0.11 cd
	N ₂ P ₁ K ₂	27.90 ± 1.81 cd	3.70 ± 0.19 bcd	1.17 ± 0.20 abc	3.86 ± 0.99 cd	8.55 ± 1.31 cde	0.15 ± 0.03 ab	0.48 ± 0.07 de	0.72 ± 0.08 bcd
	N ₂ P ₂ K ₂	27.33 ± 1.14 cde	3.83 ± 0.42 bc	1.22 ± 0.30 abc	3.90 ± 0.88 cd	8.97 ± 1.72 bcde	0.15 ± 0.04 ab	0.49 ± 0.06 cde	0.69 ± 0.11 ab
	N ₂ P ₃ K ₂	30.90 ± 1.86 ab	4.07 ± 0.34 ab	1.35 ± 0.24 ab	4.87 ± 1.22 b	10.84 ± 2.52 ab	0.18 ± 0.06 a	0.60 ± 0.15 b	0.82 ± 0.22 ab
	N ₂ P ₂ K ₀	29.02 ± 1.55 bc	3.85 ± 0.34 bc	1.40 ± 0.50 a	4.59 ± 1.30 bc	10.08 ± 1.45 abc	0.17 ± 0.06 a	0.59 ± 0.07 bc	0.78 ± 0.10 abc
	N ₂ P ₂ K ₁	30.73 ± 1.91 ab	3.74 ± 0.53 bcd	1.06 ± 0.23 abcd	4.57 ± 1.23 bc	9.19 ± 3.28 bcd	0.14 ± 0.05 ab	0.58 ± 0.12 bcd	0.72 ± 0.10 bcd
	N ₂ P ₂ K ₃	32.32 ± 1.57 a	4.31 ± 0.50 a	1.27 ± 0.25 abc	5.91 ± 0.62 a	11.86 ± 2.26 a	0.18 ± 0.05 a	0.70 ± 0.10 a	0.90 ± 0.17 a
	N ₃ P ₂ K ₂	32.03 ± 1.96 a	3.79 ± 0.40 bcd	1.02 ± 0.26 bcd	4.41 ± 0.62 bc	8.91 ± 2.04 bcde	0.13 ± 0.03 ab	0.56 ± 0.11 bcd	0.68 ± 0.17 bcd
	N ₁ P ₁ K ₂	24.23 ± 0.85 g	3.40 ± 0.19 cd	0.76 ± 0.20 d	2.48 ± 0.43 e	5.14 ± 0.40 f	0.10 ± 0.02 b	0.34 ± 0.05 f	0.44 ± 0.05 e
	N ₁ P ₂ K ₁	26.26 ± 1.26 def	3.66 ± 0.24 bcd	1.10 ± 0.26 abc	3.23 ± 0.51 de	6.85 ± 0.54 ef	0.15 ± 0.04 a	0.34 ± 0.05 f	0.59 ± 0.06 de
	N ₂ P ₁ K ₁	27.76 ± 3.20 cde	3.85 ± 0.56 bc	1.00 ± 0.10 bcd	3.83 ± 0.32 cd	8.62 ± 1.10 cde	0.14 ± 0.01 ab	0.48 ± 0.07 de	0.74 ± 0.12 bcd
45	N ₀ P ₀ K ₀	43.50 ± 1.70 h	4.29 ± 0.50 bcd	0.83 ± 0.09 f	4.94 ± 0.29 e	9.70 ± 0.78 g	0.15 ± 0.02 f	0.86 ± 0.20 f	0.96 ± 0.13 d
	N ₀ P ₂ K ₂	47.53 ± 1.10 e	4.29 ± 0.25 bcd	1.32 ± 0.35 bcde	5.95 ± 1.25 cde	12.12 ± 2.73 efg	0.24 ± 0.03 abcd	1.14 ± 0.15 def	1.25 ± 0.16 bc
	N ₁ P ₂ K ₂	45.49 ± 1.03 fg	4.06 ± 0.27 d	1.15 ± 0.17 def	5.5 ± 0.71 cde	11.89 ± 1.21 efg	0.18 ± 0.01 def	0.92 ± 0.08 ef	1.11 ± 0.12 cd
	N ₂ P ₀ K ₂	45.20 ± 0.85 g	4.33 ± 0.14 abcd	1.63 ± 0.41 abc	6.86 ± 0.56 bcd	15.71 ± 0.97 bcd	0.26 ± 0.03 ab	1.22 ± 0.08 cde	1.57 ± 0.14 cd
	N ₂ P ₁ K ₂	45.55 ± 0.78 fg	4.11 ± 0.20 d	1.06 ± 0.13 def	5.94 ± 0.68 cde	13.10 ± 2.03 def	0.19 ± 0.03 def	1.06 ± 0.11 def	1.20 ± 0.13 cd
	N ₂ P ₂ K ₂	49.66 ± 0.75 cd	4.75 ± 0.19 ab	1.47 ± 0.49 abcd	8.81 ± 0.90 a	16.68 ± 0.46 abc	0.27 ± 0.03 a	1.47 ± 0.45 abc	1.47 ± 0.10 ab
	N ₂ P ₃ K ₂	54.38 ± 1.94 b	4.23 ± 0.38 cd	1.33 ± 0.29 bcd	7.03 ± 0.62 bc	14.02 ± 1.63 cde	0.24 ± 0.03 abc	1.32 ± 0.17 bcd	1.47 ± 0.23 ab
	N ₂ P ₂ K ₀	50.94 ± 1.08 c	4.79 ± 0.41 a	1.70 ± 0.45 ab	8.71 ± 2.38 a	19.56 ± 3.50 a	0.26 ± 0.07 ab	1.47 ± 0.24 abc	1.70 ± 0.30 a
	N ₂ P ₂ K ₁	56.38 ± 0.82 a	4.69 ± 0.39 abc	1.83 ± 0.23 a	9.37 ± 1.49 a	18.23 ± 2.02 ab	0.28 ± 0.06 a	1.68 ± 0.21 a	1.73 ± 0.24 a
	N ₂ P ₂ K ₃	47.64 ± 0.92 e	4.42 ± 0.27 abcd	1.15 ± 0.36 def	5.96 ± 0.63 cde	12.08 ± 2.02 efg	0.17 ± 0.02 ef	1.15 ± 0.07 def	1.12 ± 0.21 cd
	N ₃ P ₂ K ₂	54.91 ± 1.05 ab	4.64 ± 0.39 abc	1.26 ± 0.14 cdef	8.34 ± 1.95 b	16.91 ± 4.23 abc	0.19 ± 0.2 def	1.59 ± 0.33 ab	1.57 ± 0.34 a
	N ₁ P ₁ K ₂	46.96 ± 1.32 ef	4.11 ± 0.46 d	0.88 ± 0.16 ef	5.00 ± 0.52 cde	10.22 ± 1.49 efg	0.15 ± 0.07 ef	1.00 ± 0.10 ef	1.03 ± 0.14 cd
	N ₁ P ₂ K ₁	47.2 ± 1.55 ef	4.39 ± 0.17 abcd	1.24 ± 0.44 cdef	5.66 ± 1.23 cde	11.41 ± 2.38 efg	0.21 ± 0.07 bcde	1.00 ± 0.23 ef	1.11 ± 0.24 cd
	N ₂ P ₁ K ₁	48.69 ± 1.79 de	3.97 ± 0.22 d	0.87 ± 0.10 f	5.23 ± 0.06 cde	11.28 ± 0.77 efg	0.17 ± 0.02 ef	0.96 ± 0.12 ef	1.08 ± 0.12 cd

注: 表中数据为 3 次重复的平均值, 同列数据小写字母不同表示同一采样时间不同处理间差异达 $P < 0.05$ 显著水平。



(图柱上方小写字母不同表示处理间差异达 $P < 0.05$ 显著水平, 下同)

图 1 不同施肥处理对土壤 pH 的影响

Fig. 1 Effects of different fertilization treatments on soil pH

2.2.2 不同施肥处理对土壤速效养分的影响 图 2A 显示, 处理间土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量差异显著 ($P < 0.05$)。其中不施肥处理和 4 个 N 单因素变化的处理即 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_0\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_3\text{P}_2\text{K}_2$ 处理的土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量分别为 38.12、39.62、45.16、41.53、48.83 mg/kg。土壤中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量的变化情况为 $\text{N}_0 < \text{N}_2 < \text{N}_1 < \text{N}_3$, 除 $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 处理外, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量随着氮肥施入量的增加总体呈上升趋势, 这表明氮肥的施入可提高土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量。

处理间土壤有效磷含量差异显著 ($P < 0.05$)。其中不施肥处理和 4 个 P 单因素变化的处理即 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_0\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_1\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_3\text{K}_2$ 处理的土壤有效磷含量分别为 31.61、37.92、43.88、45.54、50.82 mg/kg (图 2B)。根据数据发现, 随着磷肥施肥量的增加, 土壤中有效磷含量表现为 $\text{P}_0 < \text{P}_1 < \text{P}_2 < \text{P}_3$, 可得结论: 施入磷肥可提高土壤中有效磷含量。

处理间土壤速效钾含量差异显著 ($P < 0.05$)。其中不施肥处理和 4 个 K 单因素变化的处理即 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_3$ 处理的土壤速效钾含量分别为 306.65、305.89、325.97、328.69、381.68 mg/kg (图 2C)。随着钾肥施入量的增加, 土壤速效钾含量整体趋势升高, 表现为 $\text{K}_0 < \text{K}_1 \approx \text{K}_2 < \text{K}_3$, 土壤中速效钾含量与钾肥施入量呈显著正相关关系, 说明土壤速效钾含量随钾肥施入量的增加总体呈上升趋势。

2.3 不同施肥处理对植株养分含量的影响

2.3.1 不同施肥处理对植株全氮含量的影响 由表 3 可知, 施入氮肥的处理相比不施入氮肥的处理其植株全氮含量有显著提高 ($P < 0.05$)。其中不施肥处理和 4 个 N 单因素变化的处理即 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_0\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_3\text{P}_2\text{K}_2$ 处理的植株全氮含量分别为 18.28、16.90、23.76、24.96、23.79 g/kg。氮肥施入量不同的

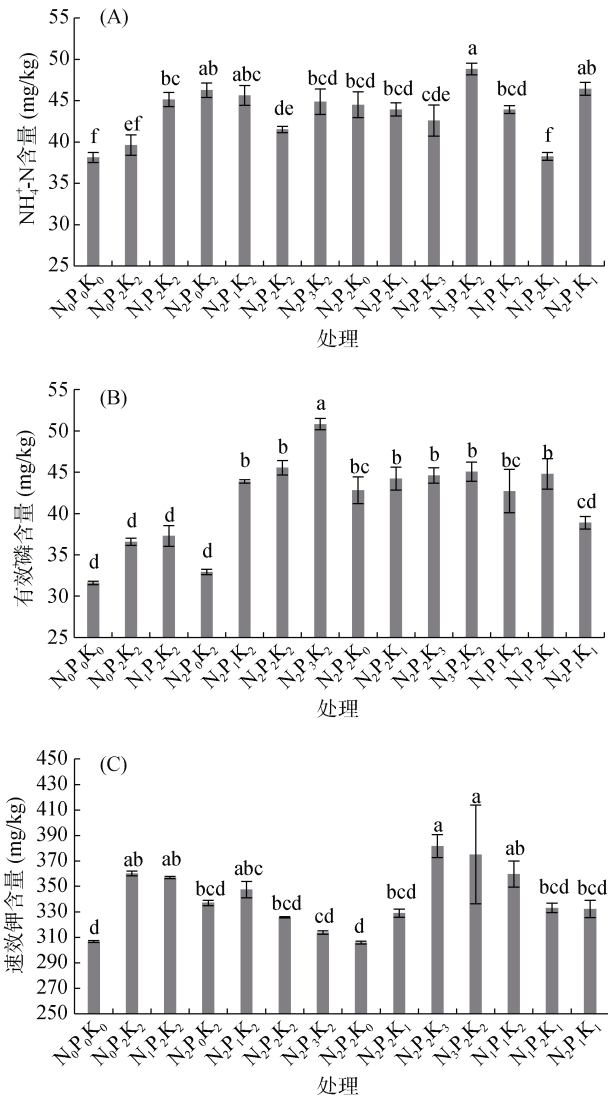


图 2 不同施肥处理对土壤速效养分的影响

Fig. 2 Effects of different fertilization treatments on soil available nutrients

处理其植株全氮含量的变化趋势大致为 $\text{N}_0 < \text{N}_1 < \text{N}_3 < \text{N}_2$, 说明氮肥的施入可显著提高植株全氮含量, 而氮肥过量施入则导致植株全氮含量的减少。

2.3.2 不同施肥处理对植株全磷含量的影响 由表 3 可知, 不施肥处理和 4 个 P 单因素变化的处理 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_0\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_1\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_3\text{K}_2$ 处理的植株全磷含量分别为 4.03、4.19、4.51、4.49、4.64 g/kg。磷肥施入量不同的处理其植株全磷含量的变化趋势大致为 $\text{P}_0 < \text{P}_2 < \text{P}_1 < \text{P}_3$, 植株全磷含量随磷肥施入量的增加总体呈上升趋势, 磷肥的施入可显著促进植株全磷含量的升高。

2.3.3 不同施肥处理对植株全钾含量的影响 由表 3 可知, 不施肥处理和 4 个 K 单因素变化的处理即 $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_0$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ 、 $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_3$ 处理的植

表 3 不同施肥处理对切花菊‘南农黄蜂窝’植株全氮、全磷、全钾含量的影响
Table 3 Effects of different fertilization treatments on contents of N, P and K in cut chrysanthemum ‘Nannong Huangfengwo’

处理	全氮含量 (g/kg)	全磷含量 (g/kg)	全钾含量 (g/kg)
N ₀ P ₀ K ₀	18.28 d	4.03 b	43.95 c
N ₀ P ₂ K ₂	16.90 d	5.31 a	51.42 ab
N ₁ P ₂ K ₂	23.76 abc	4.93 ab	53.54 ab
N ₂ P ₀ K ₂	25.34 a	4.19 b	53.21 ab
N ₂ P ₁ K ₂	25.62 a	4.51 ab	53.13 ab
N ₂ P ₂ K ₂	24.96 a	4.49 ab	51.40 ab
N ₂ P ₃ K ₂	24.79 ab	4.64 ab	53.70 ab
N ₂ P ₂ K ₀	24.66 ab	4.73 ab	53.24 ab
N ₂ P ₂ K ₁	25.13 a	4.50 ab	55.54 a
N ₂ P ₂ K ₃	24.45 ab	4.16 b	50.25 ab
N ₃ P ₂ K ₂	23.79 abc	4.49 ab	52.01 ab
N ₁ P ₁ K ₂	21.58 c	4.33 b	54.67 ab
N ₁ P ₂ K ₁	22.04 bc	4.78 ab	50.89 ab
N ₂ P ₁ K ₁	24.99 a	4.38 b	48.71 bc

株全钾含量分别为 43.95、53.24、55.54、51.40、50.25 g/kg。钾肥施入量不同的处理其植株全钾含量的变化趋势为 K₃<K₂<K₀<K₁。从植株全钾含量的总体变化趋势来看，施入钾肥可显著提高植株全钾含量。在钾肥施入量 K₀~K₁ 范围时，植株全钾含量有显著的提升；而超过了此范围，随着钾肥施入量的增加，植株全钾含量呈下降趋势。

3 讨论

氮、磷、钾肥的适宜用量及合理的配比，对作物的生长发育起重要作用^[18]。张利霞等^[19]关于牡丹的平衡施肥研究中发现，氮、磷、钾 3 种肥料配施能够有效促进牡丹植株新生枝条生长、叶片增大，并促进株高、新梢条数、花直径、花高度与单株花数增加，有效增强植株的生长势。袁晓倩等^[20]关于旋覆花配方施肥的研究表明，不同的氮、磷、钾配方施肥对旋覆花植株形态、生理生化指标、干物质积累量及化学成分含量均有显著性影响，随施肥量的增加，旋覆花的各项生长指标及化学成分含量均呈上升趋势。本试验中，各施肥处理切花菊的株高、茎粗、地下部鲜干重、茎鲜干重、叶鲜干重等形态指标均高于对照处理，符合前人研究结果。

土壤中的养分元素可被植株吸收利用，因此，土壤中氮、磷、钾元素可为植株的生长发育提供必要的养分基础，已有研究表明，氮、磷、钾的施入对土壤

速效养分的提高具有积极作用。方畅宇等^[7]发现，不施肥会降低土壤肥力，而施肥具有明显培肥地力的效果。闫童等^[21]的研究发现，氮、磷、钾肥的合理施用可改善土壤养分状况，显著增加土壤中的速效养分含量，不同施肥处理下土壤中速效养分的含量均大于对照处理。涂佳^[22]有关配方施肥对泡桐林生长及土壤质量的影响试验表明，利用配方施肥方案能有效提高土壤有机质含量，土壤速效氮、速效钾、有效磷的含量均高于不施肥处理。华青措^[23]在研究中发现，施肥对高寒草甸土壤速效养分的功效高于土壤全量养分，氮肥、磷肥、钾肥对土壤有效磷、速效钾含量都有显著或极显著影响。本试验中，不同施肥处理对土壤速效养分含量影响显著 ($P<0.05$)，各施肥处理土壤的 NH₄⁺-N、有效磷、速效钾含量均高于对照处理，且土壤 NH₄⁺-N、速效钾含量分别与氮肥施入量、钾肥施入量呈显著正相关关系，这与前人的研究结果一致。

氮、磷、钾是植株需求最多的三大营养元素^[24]，也是植株体内多种物质的重要组成成分。大量研究表明，配方施肥可提高植物中的氮、磷、钾含量。王飞等^[25]关于单季稻氮肥施肥研究中发现，增施氮肥有提高籽粒氮的趋势。周灿^[26]的研究表明，施肥处理可使何首乌植株中的总氮含量有一定程度的提高，中、高氮和中钾的施肥处理最有利于何首乌对氮素的吸收利用，并且氮和钾具有相互促进作用。李松竹^[27]在水稻测土配方施肥研究中表明，百千克吸钾量随施氮量的增加，施用钾肥后的吸钾量显著高于未施用钾肥的处理。本试验发现，未施肥处理即 N₀P₀K₀ 处理，植株氮磷钾含量均低于其他施肥处理，其中氮肥对植株氮含量影响显著，而磷肥、钾肥的施入对植株全磷、全钾含量影响不显著，此结论与王飞等^[25]、李松竹^[27]的相关研究结论一致。

测土配方施肥技术已在多种经济作物上有深入的研究及广泛的应用，并切实带来良好的增产效果，但该技术花卉领域尤其是菊花上还未有系统的研究。研究施入不同的氮、磷、钾肥组合对切花菊‘南农黄蜂窝’苗期生长指标、土壤理化性质及植株养分含量的影响，可了解切花菊‘南农黄蜂窝’苗期的需肥规律，为该品种的实际生产提供苗期的最佳施肥方案，也为该品种营养生长期和花期施肥方案的制定提供依据。有关菊花全生育期测土配方条件下的生长指标、土壤养分、养分分配规律还有待深入研究和进一步探讨。

4 结论

本试验中,氮、磷、钾肥的施入对切花菊‘南农黄蜂窝’的长势具有显著的促进作用,施肥处理的切花菊株高、茎粗、地下部鲜干重、茎鲜干重、叶鲜干重等生长指标都显著优于对照;其中 $N_2P_2K_1$ 处理长势最佳,在 45 d 时,其株高、茎粗、地下部鲜重、茎鲜重、叶鲜重、地下部干重、茎干重、叶干重分别为对照的 1.30 倍、1.09 倍、2.20 倍、1.90 倍、1.88 倍、1.87 倍、1.47 倍、1.80 倍。不同施肥处理对土壤的理化性质影响显著,其中施肥处理的土壤 pH 表现为整体下降趋势;土壤中的速效成分包括 NH_4^+-N 、有效磷、速效钾含量分别与氮、磷、钾肥施入量呈显著正相关关系。氮、磷、钾肥的施入促进植株养分含量的增加,本试验中,施肥处理比对照处理的植株全氮、全磷、全钾含量均显著增加, $N_2P_2K_1$ 处理植株全氮、全磷、全钾含量分别是对照的 1.37 倍、1.12 倍、1.26 倍。综合考虑测土情况和切花菊长势,推荐切花菊‘南农黄蜂窝’苗期的施肥方案为氮(N) 60 kg/hm^2 、磷(P_2O_5) 48 kg/hm^2 、钾(K_2O) 36 kg/hm^2 。

参考文献:

- [1] 姜贝贝, 房伟民, 陈发棣, 等. 氮磷钾配比对切花菊‘神马’生长发育的影响[J]. 浙江林学院学报, 2008, 25(6): 692–697.
- [2] 王旭. 绿色发展中的资源利用与养分管理[N]. 东方城乡报, 2019-09-05(5).
- [3] 李悦, 张涛, 齐秀兰. 切花菊氮·磷·钾营养特性的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(8): 1486–1487.
- [4] 陈向阳. 安陆市小麦测土配方施肥效果分析[J]. 湖北植保, 2018(5): 18–20.
- [5] 徐济春. 测土配方施肥对双季早稻产量构成及肥料利用率的影响[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(7): 61–62, 138.
- [6] 李苏洁. 水稻测土配方施肥技术研究[J]. 农村实用技术, 2019(8): 28.
- [7] 方畅宇, 屠乃美, 张清壮, 等. 不同施肥模式对稻田土壤速效养分含量及水稻产量的影响[J]. 土壤, 2018, 50(3): 462–468.
- [8] 段新颖. 界首市小麦测土配方施肥“3414”试验[J]. 现代农业科技, 2017(5): 20–21.
- [9] 巫振富, 赵彦锋, 程道全, 等. 基于地理加权回归的小麦测土配方施肥效果空间分析[J]. 土壤学报, 2019, 56(4): 860–872.
- [10] 杨怀宗施汝鸿. 玉米测土配方施肥“3414”田间试验[J]. 农村实用技术, 2016(2): 36–38.
- [11] 张新华, 王少华. 水稻测土配方施肥对肥料利用率的影响[J]. 现代农业科技, 2019(12): 2–3.
- [12] 李宝珍, 王正银, 李加纳, 等. 氮磷钾硼对甘蓝型黄籽油菜产量和品质的影响[J]. 土壤学报, 2005, 42(3): 479–487.
- [13] 刘献宇. 小麦测土配方施肥应用效果评价[J]. 河南农业, 2019(16): 14–15.
- [14] 郑淑清, 杨洪艳, 张柏双. 测土配方施肥对玉米养分吸收量的影响[J]. 农业开发与装备, 2019(5): 127.
- [15] 邓奇英, 周慧, 梁琪, 等. 测土配方施肥对油菜产量及经济效益的影响试验初报[J]. 农家参谋, 2019(14): 65, 69.
- [16] 冯长城. 玉米常规施肥与配方施肥对肥料利用率及产量的影响[J]. 现代化农业, 2019(8): 16–17.
- [17] 朱淑惠. 甘蔗种植化肥减量增效测土配方施肥技术[J]. 农业工程技术, 2018, 38(23): 53–54.
- [18] 马晟. 氮、磷、钾用量及施肥方式对茄子生育及产量和品质的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2018.
- [19] 张利霞, 李明月, 魏冬峰, 等. 平衡施肥对油用牡丹生长与种子产量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2018, 53(5): 58–68.
- [20] 袁晓倩, 郭巧生, 王长林, 等. 氮磷钾配方施肥对旋覆花生长及化学成分含量的影响[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(15): 3246–3252.
- [21] 闫童, 曹永贞, 刘士亮, 等. 长期配方施肥对作物产量和土壤养分含量的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(30): 15–20.
- [22] 涂佳. 泡桐人工林土壤质量评价与施肥对土壤微生物特征的影响[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2018: 47–51.
- [23] 华青措. 氮磷钾不同施肥配方对高寒草甸植物养分及土壤养分的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2017(5): 144–145.
- [24] 王田利. 影响氮磷钾三要素吸收因素及提高利用率的措施[J]. 烟台果树, 2015(4): 45–48.
- [25] 王飞, 林诚, 李清华, 等. 不同氮肥用量与施肥时期对冷浸田单季稻生长及农学效率的影响[J]. 土壤, 2017, 49(5): 882–887.
- [26] 周灿. 配方施肥对何首乌生长发育及品质形成的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2018: 28–34.
- [27] 李松竹. 不同配方施肥对水稻产量及肥料利用率的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2018: 21–25.